



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 197 27 992 A 1**

(51) Int. Cl. 6:

**F 02 M 51/06**

G 01 K 5/14

G 05 D 23/02

H 01 H 37/36

(21) Aktenzeichen: 197 27 992.9  
(22) Anmeldetag: 1. 7. 97  
(43) Offenlegungstag: 7. 1. 99

DE 197 27 992 A 1

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE(72) Erfinder:  
Kappel, Andreas, Dipl.-Phys. Dr., 81369 München,  
DE; Mock, Randolph, Dipl.-Phys. Dr., 81739 München,  
DE; Meixner, Hans, Prof. Dr., 85540 Haar, DE

## (56) Entgegenhaltungen:

DE	1 95 40 155 A1
DE	1 95 19 191 A1
GB	22 28 769 A1
= DE	40 05 455 A1
US	49 95 587
EP	02 18 895 B1
= DE	35 33 085 A1

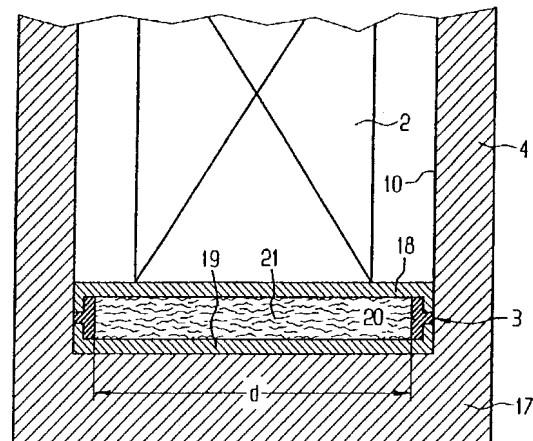
Bosch Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 18. Aufl.,  
S. 304;**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## (54) Ausgleichselement zur Kompensation temperaturbedingter Längenänderung eines Objektes

(55) Ein im gesamten Bereich der Betriebstemperaturen eines Motors voll funktionsfähiges Einspritzventil benötigt eine Einrichtung, welche thermisch bedingte Längenänderungen der mechanischen Komponenten (piezoelektrischer Aktor, Ventilstößel, Gehäuse usw.) ausgleicht. Diese Einrichtung sollte große Kräfte aufnehmen können und eine steife Lagerung des Aktors erlauben.

Das eine ölfüllte Kammer (21) aufweisende Ausgleichselement (3) besteht aus einem aktorseitigen oberen Teil (18), einem sich an einem steifen Lager (Ventilgehäuse 17) abstützenden unteren Teil (19) und einer die Kammer (21) abdichtenden, in axialer Richtung nachgiebigen Struktur (ringförmiges Dichtelement 20). Da das Ausgleichselement (3) mit geringem lateralem Spiel in eine ringförmige Halterung (4) eingepaßt ist, hat jede temperaturbedingte Änderung des Öl- bzw. Kamervolumens eine der Volumenänderung proportionale Verschiebung des oberen Gehäuseteils (18) in axialer Richtung zur Folge. Durch eine entsprechende Bernmessung der Kammerhöhe lassen sich temperaturbedingte Längenänderungen des Ventilgehäuses (4) und des piezoelektrischen Aktors (2) mit Hilfe des äußerst kompakt aufgebauten und vergleichsweise steifen Ausgleichselementes (3) kompensieren.



DE 197 27 992 A 1

# DE 197 27 992 A 1

## Beschreibung

Aufgrund ihrer guten dynamischen Eigenschaften und ihres vergleichsweise kompakten Aufbaus kommen piezoelektrische Aktoren immer häufiger als Antriebe in modernen Benzin- und Diesel-Einspritzsystemen zum Einsatz. In der 5 Entwicklung befinden sich z. Z. insbesondere sogenannte direkt angetriebene Ventilsysteme, bei denen der piezoelektrische Aktor ohne Zwischenschaltung eines Hubtransformators mittel- oder unmittelbar auf eine Ventilnadel oder einen Ventilstöbel wirkt, der Nadel- bzw. Stösselhub somit näherungsweise dem vom Aktor erzeugten Stellweg entspricht. Unabhängig von der jeweiligen Betriebstemperatur des Motors müssen die Ventilsysteme höchsten Ansprüchen hinsichtlich der Dosiergenauigkeit und der Reproduzierbarkeit der eingespritzten Kraftstoffmenge genügen. Ein im Temperaturbereich 10 zwischen  $T = -40^\circ\text{C}$  und  $T \approx 140^\circ\text{C}$  voll funktionsfähiges und mit einem hohen elektromechanischen Wirkungsgrad arbeitendes Einspritzventil benötigt daher Elemente zur Kompensation thermisch bedingter Längenänderungen des piezoelektrischen Aktors, der anderen mechanischen Komponenten (Ventilstöbel, Ventilnadel usw.) und des Gehäuses.

## Stand der Technik

15

Die Druckschriften [1-3] beschreiben direkt angetriebene oder mit einem Hubtransformator ausgestattete Einspritz-, Dosier- oder Steuerventile.

Zur Kompensation temperaturbedingter Längenänderungen des piezoelektrischen Aktors wird in [1] vorgeschlagen, einen Metallzylinder geeigneter Länge zwischen dem Aktor und dem Ventilstöbel anzuordnen.

20

Das temperaturbedingte Längenänderungen kompensierende Element des aus [2] bekannten Einspritzventils besteht im wesentlichen aus einem mit dem Ventilgehäuse verschraubten, aktorseitig geschlossenen, topfförmigen Teil und einem im topfförmigen Teil verschiebbar angeordneten Kolben, wobei der federbelastete Kolben mit einer an der Aktorrendfläche anliegenden Stützplatte verschraubt ist. Ein Elastomer dient als Füllstoff für die durch den Kolben und den topfförmigen Teil gebildete Ausgleichskammer.

25

Der piezoelektrische Aktor des in [3] beschriebenen Einspritzventils stützt sich auf einem in einer Gehäusebohrung spiegelnd geführten Dämpfungskolben ab. Der Dämpfungskolben und die Gehäusebohrung bilden eine mit einer Flüssigkeit gefüllte Kammer, welche über einen zwischen dem Dämpfungskolben und der Gehäusebohrung vorhandenen Ringspalt mit einem Ausgleichsvolumen in Verbindung steht.

30

In den bekannten Ventilen ist die Lagerung des piezoelektrischen Aktors nicht befriedigend gelöst, was sich nachteilig auf den elektromechanischen Wirkungsgrad der Antriebe auswirkt. Zudem erzwingt die aufgrund der Ausgleichselemente stark herabgesetzte Steifigkeit der jeweiligen Lager die Verwendung überlanger piezoelektrischer Aktoren, um die durch Dehnung der mechanischen Komponenten hervorgerufenen Verluste an Stellweg und Stellkraft auszugleichen.

## Gegenstand, Ziele und Vorteile der Erfindung

35

Gegenstand der Erfindung ist ein Ausgleichselement zur Kompensation temperaturbedingter Längenänderung eines Objektes, insbesondere eines elektromechanischen Wandlers (piezoelektrischer, elektrostriktiver oder magnetostriktiver Aktor). Das Ausgleichselement soll eine geringe Bauhöhe aufweisen, große statische und dynamische Kräfte aufnehmen können, Verkipplungen ausgleichen sowie eine steife Lagerung des Objektes ermöglichen. Ein Ausgleichselement mit den in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen erfüllt diese Anforderungen. Die abhängigen Ansprüche betreffen vor teilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Das einfach aufgebaute, kostengünstig herzustellende und völlig wartungsfreie Ausgleichselement kompensiert temperaturbedingte Längenänderungen auch unter extremen Bedingungen äußerst zuverlässig. Aufgrund der vergleichsweise großen Steifigkeit des Ausgleichselements arbeitet der sich darauf abstützende elektromechanische Wandler eines entsprechend modifizierten Einspritz-, Dosier- oder Steuerventils mit einem deutlich höheren mechanischen Wirkungsgrad als die Akteure der eingangs erwähnten Ventile. Außerdem sorgt das Ausgleichselement für einen optimalen Kraftschluß, da der Wandler trotz einer herstellungsbedingten Nichtparallelität seiner beiden Endflächen stets ganzflächig am zugeordneten Stellglied (Hubkolben/Ventilstöbel bzw. Membrane/Ventilstöbel usw.) anliegt.

50

## Zeichnungen

Das erfindungsgemäße Ausgleichselement wird im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein gemäß der Erfindung modifiziertes Absteuerventil im Querschnitt;

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des sich am Gehäuseboden des Ventils abstützenden Ausgleichselementes;

55 Fig. 3 eine teilperspektivische Darstellung des Ausgleichselementes;

Fig. 4, 5 und 6 weitere Ausführungsbeispiele von Ausgleichselementen.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

60

### a) Das Absteuerventil

Die Fig. 1 zeigt ein gemäß der Erfindung modifiziertes, nach außen öffnendes Ventil 1 zur Absteuerung des in der Arbeitskammer eines Diesel-Common-Rail-Injektors aufgebauten Einspritzdruckes. Als Antrieb enthält das Absteuerventil einen piezoelektrischen Aktor 2, der sich an einem temperaturbedingte Längenänderungen kompensierenden Ausgleichselement 3 abstützt und über die aus dem Ventilgehäuse 4 herausgeföhrten Anschlüsse 5 mit den erforderlichen Betriebsspannungen versorgt wird. Ein piezoelektrischer Multilayer-Stack eignet sich in besonderer Weise als Ventilantrieb, da dieser Aktortyp außer der erforderlichen Stellkraft von  $F \approx 10^2\text{--}10^5 \text{ N}$  auch bei moderaten Betriebsspannungen noch einen vergleichsweise großen Primärhub erzeugt (relative Längenänderung des Aktors:  $\Delta l/l \approx 10^{-3}$ ; l:

# DE 197 27 992 A 1

Aktorlänge). Um den in der nicht dargestellten Arbeitskammer des Injektors aufgebauten und auch in der kraftstoffgefüllten Federkammer 6 des Absteuerventils 1 herrschenden Einspritzdruck von typischerweise  $p \approx 2000$  bar schlagartig abzubauen, wird der piezoelektrische Aktor 2 innerhalb einer Zeitspanne von  $\tau \leq 100 \mu\text{s}$  geladen und dadurch in axialer Richtung elongiert. Sobald die Stellkraft des Aktors 2 die von der Tellerfeder 7, der auf die Ventilkugel 8 wirkenden Schließfeder 9 und dem Kraftstoffdruck erzeugten Gegenkräfte übersteigt, bewegt sich der in der zylindrischen Gehäusebohrung 10 geführte Kolben 11 sowie der starr mit dem gedichtet eingebauten Kolben 11 verbundene Ventilstöbel 12 um eine dem Aktorhub  $Al$  entsprechende Strecke nach oben. Daraufhin hebt der Stöbel 12 die Ventilkugel 8 von ihrem Dichtsitz 13 ab, so daß der Kraftstoff ungehindert von der Arbeitskammer des Injektors über den Zulauf 14 und die Federkammer 6 in die Absteuerkammer 15 strömen und von dort über die Gehäusebohrung 16 abfließen kann.

Um den Ablauf des Kraftstoffs zu unterbinden, wird der piezoelektrische Aktor 2 entladen. Infolge der damit einhergehenden Kontraktion des piezoelektrischen Sinterkörpers bewegen sich der O-Ring gedichtete Kolben 11 und der Ventilstöbel 12 unter dem Zwang der von der starken Tellerfeder 7 ausgeübten Rückstellkraft nach unten in ihre Ausgangslage, wobei die Schließfeder 9 die Ventilkugel 8 wieder am Dichtsitz 13 zur Anlage bringt. Nach erfolgter Trennung des Zulaufs 14 vom Ablauf 16 steigt der Kraftstoffdruck in der Federkammer 6 des Absteuerventils 1 erneut auf den alten Wert von ca.  $p \approx 2000$  bar an.

Anhand der Fig. 1 läßt sich unschwer erkennen, daß das Absteuerventil 1 nur dann in der beschriebenen Weise dauerhaft und zuverlässig arbeitet, wenn der Ventilstöbel 12 während der beiden periodisch auftretenden Ladungszustände des piezoelektrischen Aktors 2 jeweils eine definierte vertikale Lage bezüglich der Ventilkugel 8 einnimmt. So darf der Ventilstöbel 12 die Auflage der Ventilkugel 8 am Dichtsitz 13 bei entladem piezoelektrischen Aktor 2 nicht behindern. Andererseits muß der Stöbel 12 die Ventilkugel 8 während des Absteuerns (piezoelektrischer Aktor 2 geladen) soweit anheben, daß der Kraftstoff mit der gewünschten Durchflußrate abfließen und sich der in der Federkammer herrschende Einspritzdruck entsprechend schnell abbauen kann. Da die Betriebstemperatur des Motors und somit auch die Temperatur des Absteuerventils 1 erheblichen, bis zu  $\Delta T \approx 200^\circ\text{C}$  betragenden Schwankungen unterliegt, muß man sicherstellen, daß die unter diesen Bedingungen im Bereich des maximalen Aktorhubes liegenden temperaturbedingten Längenänderungen der mechanischen Komponenten (Aktor 2, Gehäuse 4, usw.) die Stellung des Ventilstöbels 12 nicht beeinflussen.

## b) Das Ausgleichselement

In dem gemäß der Erfindung modifizierten Absteuerventil 1 stützt sich der piezoelektrische Aktor 2 nicht am Gehäuseboden 17, sondern an dem temperaturbedingte Längenänderung kompensierenden Ausgleichselement 3 ab. Das in den Fig. 2 und 3 vergrößert dargestellte Ausgleichselement 3 ist mit einem sehr geringen lateralen Spiel ( $< 3 \mu\text{m}$ ) in die zylindrische Gehäusebohrung 10 eingepaßt und auf dem als Lager dienenden Boden 17 des Ventilgehäuses 4 angeordnet. Es besteht im gezeigten Ausführungsbeispiel aus zwei jeweils topfförmigen Teilen 18/19 (V2A-Stahl, Invar) sowie einem die beiden Teile 18/19 verbindenden, in vertikaler Richtung nachgebenden Ringelement 20. Das die vorzugsweise mit hochwertigem Hydrauliköl gefüllte Kammer 21 randseitig hermetisch dicht abschließende Ringelement 20 kann beispielsweise aus Nitrilbutadien (Handelsname: Viton) gefertigt sein.

Mit Hilfe der Tellerfeder 7 wird der piezoelektrische Aktor 2 mechanisch vorgespannt und das Ausgleichselement 3 dadurch dem statischen Standdruck  $p_0 = F_{\text{vor}}/A_D$  (F<sub>vor</sub>: mechanische Vorspannkraft des piezoelektrischen Aktors 2;  $A_D = \pi/4 \cdot d^2$ : druckwirksame Stirnfläche des Ausgleichselementes 3) unterworfen. Dieser beträgt bei einer Vorspannkraft  $F_{\text{vor}} = 800$  N der Tellerfeder 7 und einer  $A_D = 78,53 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$  ( $d = 10 \text{ mm}$ ) großen Stirnfläche  $p_0 = 100$  bar. Ein derart hoher Standdruck verhindert hydraulisches Spiel und stellt sicher, daß in der ölfüllten Kammer 21 auch bei niedrigen Temperaturen keine die Steifigkeit beeinträchtigenden Gasblasen entstehen.

## c) Die Funktionsweise des Ausgleichselements

Wie andere Flüssigkeiten besitzt auch Öl einen relativ großen thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten von typischerweise  $\gamma_{\text{Öl}} \approx 10^{-3}$  [1/K]. Verhindert man nun die thermische Ausdehnung des Öls in zwei der drei Raumdimensionen, wird jede volumetrische Expansion des Öls vollständig in eine lineare Expansion umgesetzt, wobei der lineare thermische Längenausdehnungskoeffizient  $\alpha_{\text{Öl}}$  dann dem thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten zahlenmäßig entspricht ( $\alpha_{\text{Öl}} \approx \gamma_{\text{Öl}} \approx 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ ). Diesen Effekt nutzt die Erfindung, um temperaturbedingte Längenänderungen im Absteuerventil 1 mit Hilfe des ölfüllten Ausgleichselementes 3 zu kompensieren. So gewährleistet die paßgenaue Anordnung des Ausgleichselementes 3 in der Gehäusebohrung 10 und dessen Lagerung auf dem Boden 17 des Ventilgehäuses 4, daß jede Änderung des Öl- bzw. Kamervolumens einer der jeweiligen Volumenänderung  $\Delta V$  proportionale Verschiebung  $\Delta h = A_D^{-1} \cdot \Delta V$  des topfförmigen oberen Teils 21 in vertikaler Richtung zur Folge hat.

Die zu lösende Aufgabe besteht nun noch darin, die Höhe  $h$  der ölfüllten Kammer 21 so zu bemessen, daß die aus dem piezoelektrischen Aktor 2 und dem Ausgleichselement 3 bestehende Einheit und der diese Einheit aufnehmende Teil des Ventilgehäuses 4, unabhängig von der Temperatur  $T$ , immer exakt die gleiche Länge besitzen. Unter Vernachlässigung der Längenänderung des Kolbens 11 und des Ventilstöbels 12 muß daher zumindest näherungsweise gelten:

$$1p(1+\alpha_p \cdot \Delta T) + h(1+\alpha_{\text{Öl}} \cdot \Delta T) = l_G(1+\alpha_G \cdot \Delta T) \quad (1)$$

1p: Länge des piezoelektrischen Aktors 2

$\alpha_p$ : Linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient der Piezokeramik

h: Höhe der Kammer 21 des Ausgleichselementes 3

$\alpha_{\text{Öl}}$ : Linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient des Öls

$l_G$ : Für die Kompensation wirksame Länge des Ventilgehäuses 4

$\alpha_G$ : Linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient des Gehäusematerials

# DE 197 27 992 A 1

$\Delta T$ : Änderung der Temperatur T.

Unter Berücksichtigung der Bedingung  $l_G = l_p + h$  kann man Gleichung (1) zu

$$5 \quad h = l_p \cdot \frac{(\alpha_G - \alpha_p)}{(\alpha_{\text{O}_1} - \alpha_G)} \quad (2)$$

umformen. Nach eigenen Messungen beträgt der thermische Längenausdehnungskoeffizient einer polarisierten Piezokeramik typischerweise  $\alpha_p = -3 \cdot 10^{-6}$  [1/K]. Mit  $l_p = 30$  mm,  $\alpha_{\text{O}_1} = 1 \cdot 10^{-3}$  [1/K] und  $\alpha_G = 16 \cdot 10^{-6}$  [1/K] (Ventilgehäuse 10 4 aus V2A-Stahl gefertigt) berechnet sich die erforderliche Kammerhöhe h zu

$$h=0,58 \text{ mm!} \quad (3).$$

Eine in einem starren Zylinder von einem Kolben der Fläche  $A_D$  komprimierte Flüssigkeitssäule des Volumens  $V_0 = 15 A_D \cdot h$  (h: Höhe der Flüssigkeitssäule) besitzt eine lineare Federsteifigkeit c, die gemäß der Beziehung

$$c = \frac{A_D^2}{K \cdot V_0} = \frac{A_D}{K \cdot h} \quad (4)$$

20 vom Kompressionsmodul K der Flüssigkeit abhängt. Im erfindungsgemäßen Ausgleichselement 3 wird eine zylindrische Ölsäule der Höhe  $h = 0,58$  mm mit Hilfe des eine druckwirksame Fläche  $A_D = 78,53 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup> aufweisenden aktorseitigen Teils 21 komprimiert, so daß aus Gleichung (4) unter Berücksichtigung des für Öl typischen Kompressionsmoduls  $K_{\text{Öl}} = 5 \cdot 10^{10}$  [m<sup>2</sup>/N] folgt:

$$25 \quad C_{\text{Öl}} = \frac{A_D}{K_{\text{Öl}} \cdot h} = 270 \text{ [N / } \mu\text{m]} \quad (5)$$

30 Dieser Wert der Federsteifigkeit entspricht etwa dem 4,5fachen der Steifigkeit des piezoelektrischen Sinterkörpers ( $7 \cdot 7 \cdot 30$  mm<sup>3</sup>) von  $c_{\text{piezo}} \approx 60$  N/ $\mu\text{m}$ ).

## d) Weitere Ausführungsbeispiele von Ausgleichselementen

35 Die in den Fig. 4a und 4b im Querschnitt dargestellten Ausgleichselemente 3 sind jeweils auf dem Boden 17 eines Ventilgehäuses 4 oder einem steifen Lager angeordnet und mit sehr geringem lateralen Spiel in die zylindrische Gehäusebohrung 10 eingepaßt. Sie bestehen jeweils aus einem aktorseitigen oberen Teil 18, einem lagerseitigen unteren Teil 19 und einem die ölfüllte Kanüne 21 abdichtenden, in vertikaler Richtung nachgiebigen Element 20. Als Dichtelement 20 kommen insbesondere ein an die beiden Teile 18/19 an vulkanisiertes Elastomer (Fig. 4a) oder ein O-Ring in Betracht.

40 Bei Verwendung eines O-Ringes kann man diesen zwischen den aus V2A-Stahl bestehenden Teilen 18/19 des Ausgleichselementes 3 (Fig. 4b) oder in einer Nut des kolbenförmigen oberen Teils 18 anordnen (nicht dargestellt). Im letzten genannten Fall ist der untere Teil vorzugsweise als flache Scheibe oder dünne Membrane ausgebildet.

Ein besonders einfach aufgebautes Ausgleichselement 3 zeigt

Fig. 4c. Es besteht lediglich aus einem O-Ring-gedichteten Kolben 22, der in der Gehäusebohrung 10 verschiebbar geführt ist. Die Gehäusewandung 4 wirkt als Halterung, welche laterale Ausweichvorgänge verhindert. Der Gehäuseboden 17 bildet den gegenüber dem Aktor 2 nicht verschiebbaren unteren Teil des Ausgleichselementes 3. Zwischen dem Kolben 22 und der Gehäuseboden 17 befindet sich die ölfüllte Kammer 21.

Das aus V2A-Stahl bestehende Gehäuse 23 des in Fig. 5a dargestellten Ausgleichselementes ist innerhalb einer als Halterung dienenden, starr mit der Auflage 25 verbundenen Metallring 24 oder Metallrahmen paßgenau angeordnet. Die in der halterungsseitigen Kammerwand im Bereich des ölfüllten Volumens 26 vorhandenen Schlitze, Nuten oder Einfräsuren 27 ermöglichen die Dehnung bzw. die Streckung des Gehäuses 23 in vertikaler Richtung. Wie die Fig. 5b zeigt, besitzt die halterungsseitige Kammerwand des bezüglich der Achse 28 rotationssymmetrischen Ausgleichselementes im Querschnitt vorzugsweise eine mäanderförmige oder balgähnliche Struktur.

Die Fig. 6 zeigt ein auf einem Lager 29 (beispielsweise der Boden eines Ventilgehäuses) freistehend angeordnetes Ausgleichselement 3. Es besteht aus einer sich unmittelbar am Lager 29 abstützenden Metallscheibe 30 (Edelstahl), einer antriebsseitigen Metallscheibe 31 (Edelstahl) und einem mit den beiden Metallscheiben 30/31 verschweißten, in lateraler Richtung mechanisch steifen Metallbalg 32. Das von den Metallscheiben 30/31 und dem gewellten Metallbalg 32 eingeschlossene Volumen bildet hierbei die unter Vakuum blasenfrei mit einem Öl druckgefüllte und durch Laserschweißen abgedichtete Ausgleichskammer 33. Als Balgmaterial kommen insbesondere Edelstahl, Bronze oder eine Nickellegierung (Hastelloy, Monel) in Betracht. Entsprechende Metallbälge (kleinster Innendurchmesser  $d_i \geq 2$  mm; Wandstärke  $d_w \geq 0,02$  mm) stellt die Firma Wittenmann GmbH, Metallschlauch-Fabrik-Pforzheim, D-75175 Pforzheim her. Da die laterale mechanische Steifigkeit des ggf. auch mehrwandig ausgeführten Metallbalgs 32 die axiale mechanische Steifigkeit um einen Faktor  $10^2$ - $10^3$  übertrifft ( $c_{\text{axial}} \leq 1-10$  N/mm;  $c_{\text{lateral}} \geq 10^2$ - $10^3$  N/mm), benötigt man für ein solches Ausgleichselement 3 keine Halterung, welche laterale Dehnungen des Gehäuses verhindert.

## e) Ausgestaltungen und Weiterbildungen

Die Erfindung beschränkt sich selbstverständlich nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele. So kann

man

- die Kammer 21 des Ausgleichselements 3 außer mit Öl auch mit einer anderen Flüssigkeit (Quecksilber, flüssige Kohlenwasserstoffverbindung, Wasser), mit einem Fett sowie mit einem aus einem plastisch verformbaren Material (Gummi, Kunststoff) bestehenden Körper füllen; 5
- die Kammer 21 mit einer unter Überdruck stehenden Flüssigkeit füllen;
- einen Sensor in der Kammer 21 anordnen, um den jeweils herrschenden Kammerdruck zu erfassen (der Innendruck ist ein direktes Maß für die auf das Lager wirkende Kraft);
- den Kammerdruck durch aktive Beheizung des Mediums auf einen definierten Wert einstellen (Steuerung der Position des Ventilstöbels, d. h. aktive Kompensation temperaturbedingter Längenänderung); 10
- die Grundfläche bzw. den Querschnitt des Ausgleichselementes 3 quadratisch oder rechteckförmig ausbilden;
- das Ausgleichselement 3 auf einem mit einem Gewinde versehenen Lager (Scheibe mit einem das Ausgleichselement umfassenden Halterung) anordnen und das Lager mit dem das Objekt aufnehmenden Gehäuse verschrauben;
- auf die Halterung 4/24 verzichten, sofern die laterale mechanische Steifigkeit des ungefüllten Ausgleichselementes 3 ausreichend groß ist ( $c_{lateral}/c_{axial} \geq 100-1000$ ) 15
- das Ausgleichselement nicht nur in Einspritz-, Steuer- und Dosierventilen sondern überall dort einsetzen, wo temperaturbedingte Längenänderung eines Objektes einer Kompensation bedürfen.

5

10

15

20

## 5. Literatur

- [1] GB 2 228 769 A  
[2] US 4 995 587  
[3] EP 0 218 895 B1.

25

## Patentansprüche

1. Ausgleichselement zur Kompensation temperaturbedingter Längenänderungen eines Objektes (2), wobei
  - a) das sich unmittelbar an einem steifen Lager (17) abstützende Ausgleichselement (3) und das Objekt (2) mechanisch in Reihe geschaltet sind,
  - b) das Ausgleichselement (3) eine hermetisch dicht abgeschlossene, mit einem flüssigen Medium gefüllte Kammer (21) oder eine mit einem plastisch verformbaren Medium gefüllte Kammer (21, 33) aufweist, wobei eine objektseitige Kammerwand (18) in Richtung einer Längsachse des Objektes (2) verschiebbar ist,
  - c) das Ausgleichselement (3) hinsichtlich seiner axialen und lateralen mechanischen Steifigkeit derart ausgebildet oder in einer Halterung (4, 24) derart fixiert ist, daß sich die Abmessung der Kammer (21) bei einer Volumenänderung des Mediums im wesentlichen nur in Richtung der Längsachse des Objektes (2) ändert, die lateralen Abmessungen der Kammer (21, 33) hingegen annähernd konstant bleiben.
2. Ausgleichselement nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine das Ausgleichselement (3) Dring- oder rahmenförmig umschließende Halterung (4, 24). 30
3. Ausgleichselement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichselement (3, 3') in eine Bohrung (10) eines das Objekt (2) aufnehmenden Gehäuses (4) eingepaßt und auf dem Gehäuseboden (17) angeordnet ist.
4. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichselement (3) zwei die Kammer (21) bildende Teile (18, 19) aufweist, wobei ein erster Gehäuseteil (19) sich am Lager (17) abstützt und der objektseitige zweite Gehäuseteil (18) in Richtung der Längsachse des Objektes (2) verschiebbargeführt ist. 35
5. Ausgleichselement nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest einer der beiden Gehäuseteile (18, 19) eine Ausnehmung, eine endseitig geschlossene Bohrung oder eine Vertiefung aufweist und daß der jeweils andere Gehäuseteil (18, 19) die Ausnehmung, Bohrung oder Vertiefung abdeckt. 40
6. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Gehäuseteil (18) in der Halterung (4, 24) oder im ersten Gehäuseteil (19) verschiebbar angeordnet ist.
7. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 4 bis 6, gekennzeichnet durch ein die Kammer (21) randseitig abschließendes und zwischen den beiden Gehäuseteilen (18, 19) angeordnetes Dichtelement (20).
8. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß es zwei planparallele, senkrecht zur Längsachse des Objektes (2) orientierte Außenflächen aufweist, wobei sich eine der Außenflächen auf dem steifen Lager (17, 28), die andere Außenfläche mittel- oder unmittelbar am Objekt (2) abstützt. 55
9. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse des Ausgleichselementes (3) mit umlaufenden Einfrässungen, Nuten, Schlitten (27) oder mit einer balgartigen Struktur versehen ist.
10. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß es mechanisch vorgespannt oder die Kammer (21, 33) mit einem unter Überdruck stehenden Medium gefüllt ist.
11. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drucksensor und/oder ein Heizelement in der Kammer (21, 33) angeordnet sind.
12. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 1, 8, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die laterale mechanische Federrate  $c_{lateral}$  und die axiale mechanische Federrate  $c_{axial}$  des Ausgleichselementes (3) bei nichtgefüllter Kammer (33) der Bedingung  $c_{lateral}/c_{axial} \geq 10^2-10^3$  genügen. 60
13. Ausgleichselement nach Anspruch 1 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß es einen lagerseitigen ersten Gehäu-

50

50

60

65

# DE 197 27 992 A 1

seteil (30), einen objektseitigen zweiten Gehäuseteil (31) und einen die beiden Gehäuseteile (30, 31) verbinden, in lateraler Richtung mechanisch steifen Balg (32) aufweist, wobei das von den beiden Gehäuseteilen (30, 31) und dem Balg (32) eingeschlossene Volumen die Kammer (33) bildet.

- 5 14. Ausgleichselement nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch, einen Metallbalg (32).
15. Ausgleichselement nach einem der Ansprüche 1 oder 12-15, dadurch gekennzeichnet, daß es freistehend auf dem Lager (28) angeordnet ist.
16. Verwendung eines Ausgleichselements nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Lager für einen elektro-mechanischen Wandler (2).
- 10 17. Verwendung eines Ausgleichselements nach einem der vorhergehenden Ansprüche in einem Antrieb, welcher einen auf einen Hubtransformator oder einen mittel- oder unmittelbar auf eine Membrane oder ein kolbenförmiges Element wirkenden elektromechanischen Wandler aufweist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

FIG 1 zur Arbeitskammer

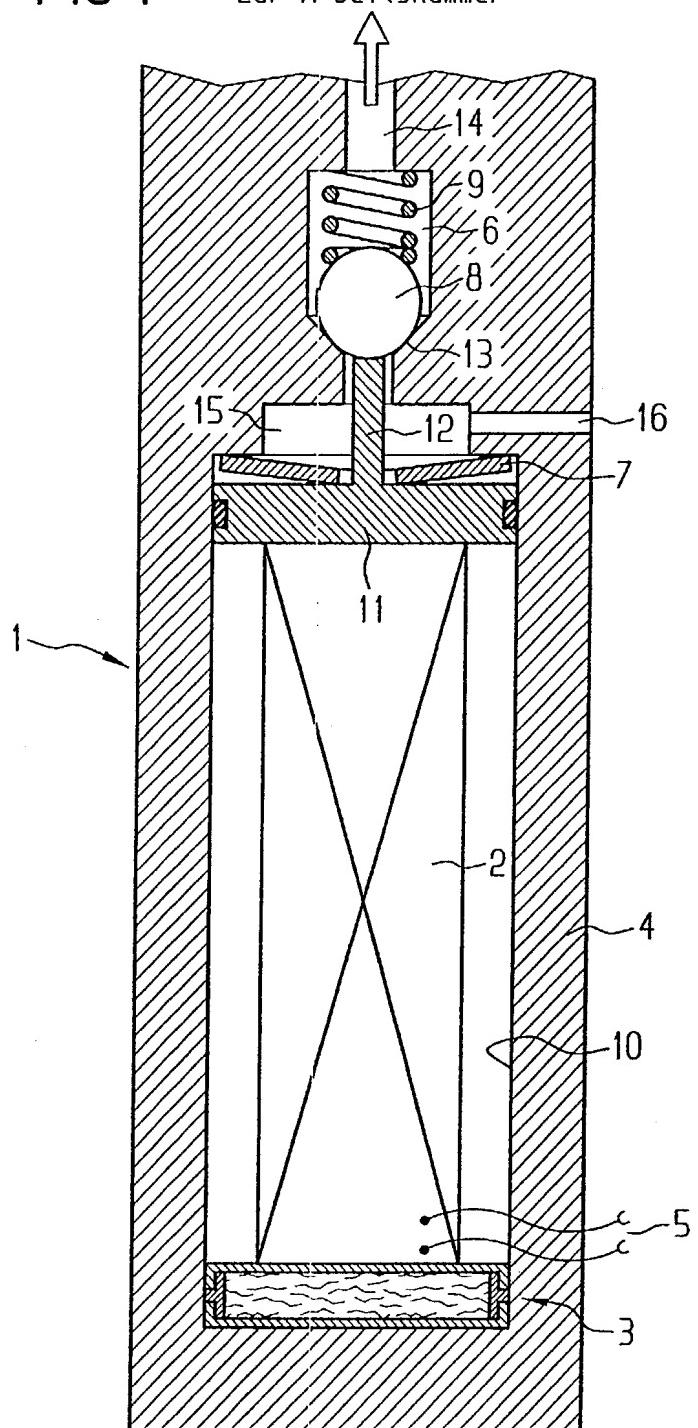


FIG 2

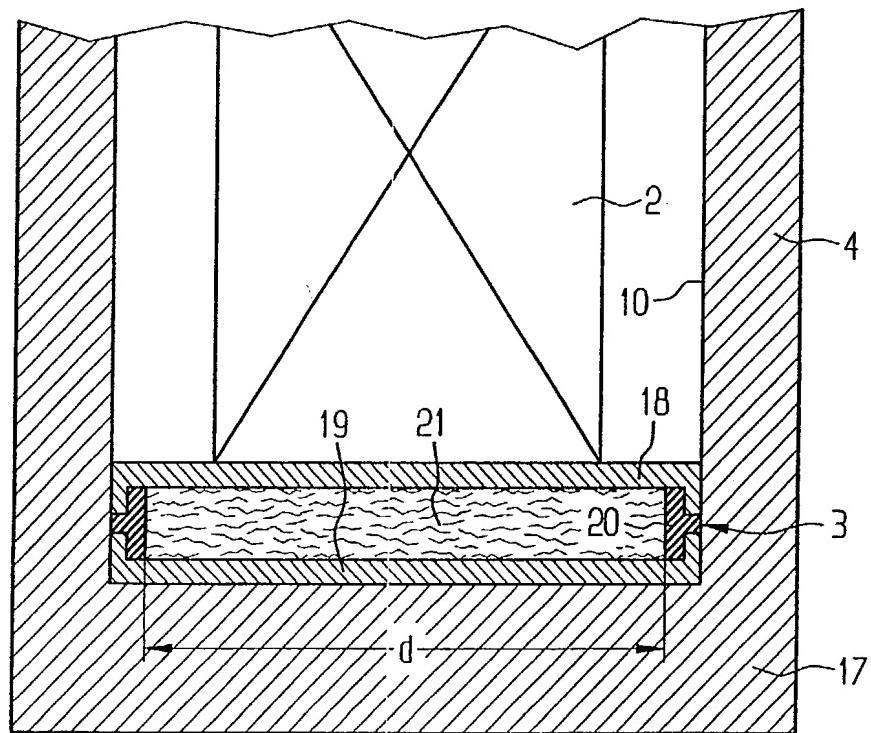


FIG 3

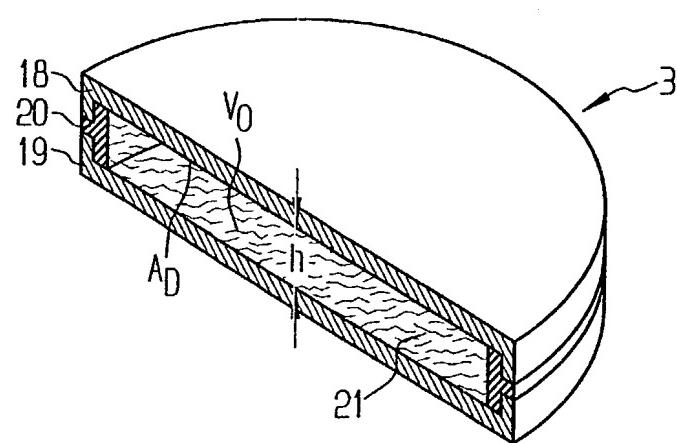


FIG 4A

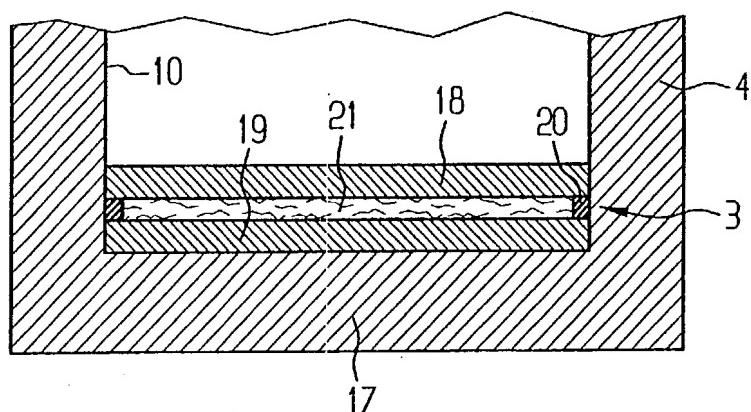


FIG 4B

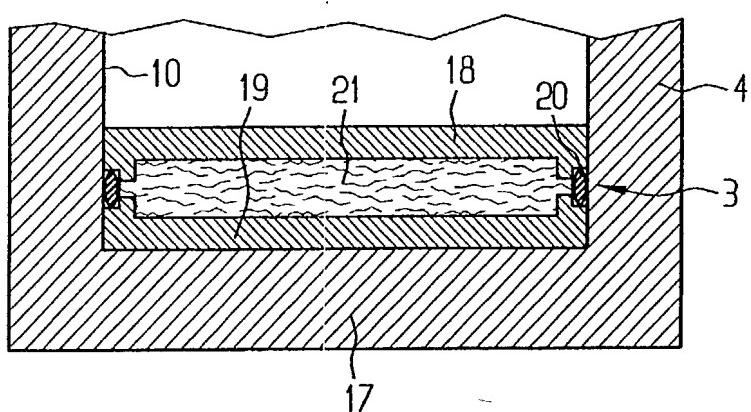


FIG 4C

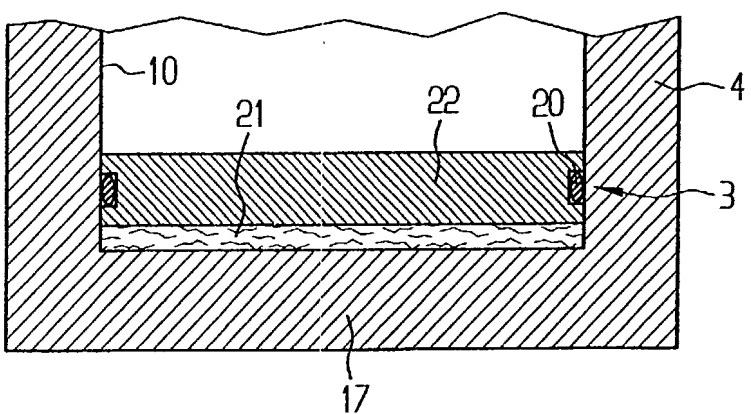


FIG 5A

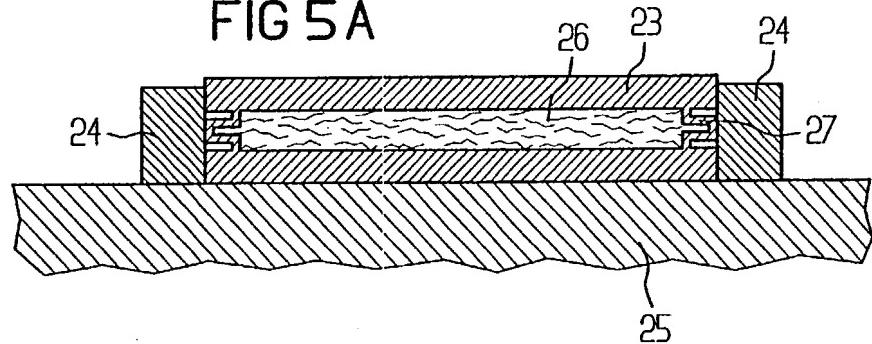


FIG 5B

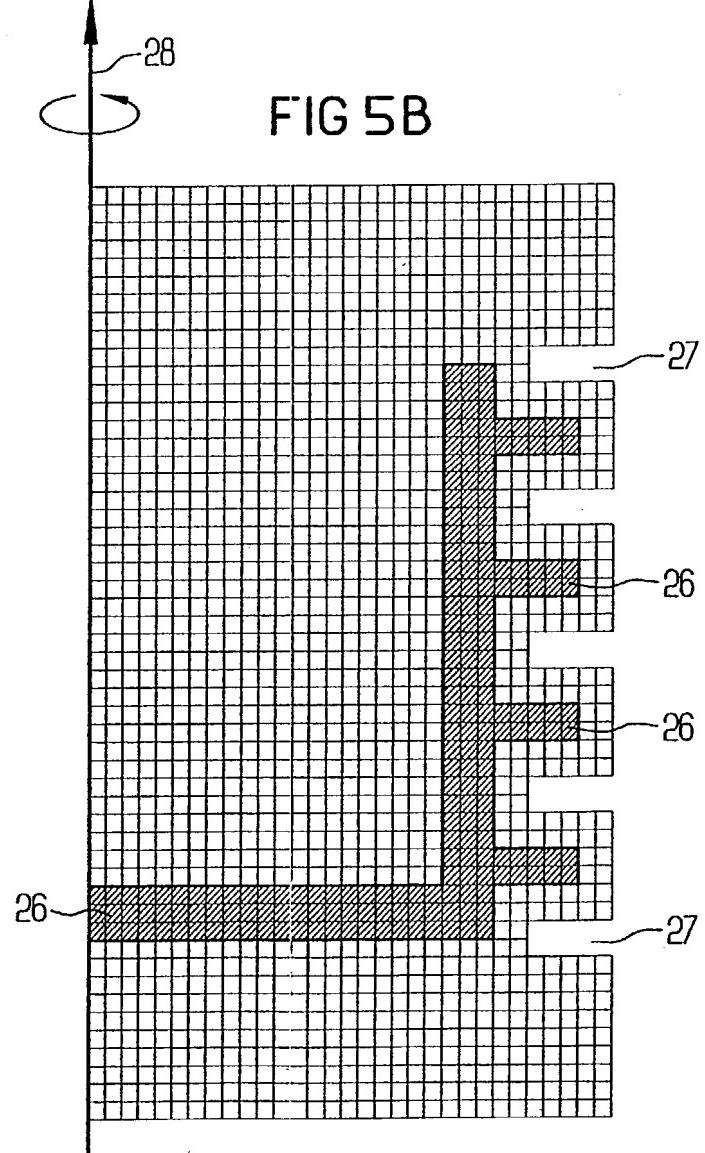


FIG 6

